

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 7 月 22 日 (22.07.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/061865 A1(51) 国際特許分類:  
H05H 6/00, G21G 4/08, 1/10

G21K 5/08,

松市 市野町 1126 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
内 Shizuoka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016113

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiaki et al.);  
〒104-0061 東京都中央区銀座一丁目10番6号銀座  
ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(22) 国際出願日: 2003 年 12 月 16 日 (16.12.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

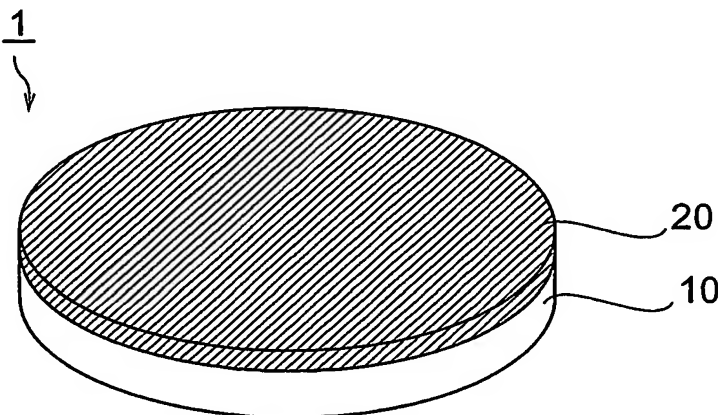
(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願 2002-381327  
2002 年 12 月 27 日 (27.12.2002) JP(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,  
HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI,  
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホト  
ニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.)  
[JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町 1126 番地の  
1 Shizuoka (JP).(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS,  
MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特  
許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッ  
パ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高橋 宏典  
(TAKAHASHI, Hironori) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県  
浜松市 市野町 1126 番地の 1 浜松ホトニクス株式会  
社内 Shizuoka (JP). 岡崎 茂俊 (OKAZAKI, Shigetoshi)  
[JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町 1126 番地の  
1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 大須賀  
慎二 (OHSUKA, Shinji) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜添付公開書類:  
— 国際調査報告書2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。(54) Title: TARGET FOR GENERATING DEUTERON AND TARGET APPARATUS FOR GENERATING DEUTERON COM-  
PRISING THE SAME

(54) 発明の名称: 重陽子発生ターゲット及びそれを含む重陽子発生ターゲット装置



(57) Abstract: A target for generating deuterium which comprises a base film comprising a halogen-containing organic compound as the main component thereof and, provided thereon, an upper film comprising a deuterated organic compound as the main component thereof; and an target apparatus for generating deuterium comprising the target. The target has a structure capable of generating deuterium with good efficiency.

(57) 要約: この発明は、重陽子を効率よく発生するための構造を備えた重陽子発生ターゲットと、それを含む重陽子発生ターゲット装置に関する。当該重陽子発生ターゲットは、含ハロゲン有機化合物を主成分とするベース膜上に重水素化された有機化

合物を主成分とする上部膜を設けることにより構成される。

## 明細書

### 重陽子発生ターゲット及びそれを含む重陽子発生ターゲット装置

#### 技術分野

【0001】 この発明は、高強度レーザー光の照射により重陽子を発生させる重陽子発生ターゲットと、該重陽子発生ターゲットを構成要素として含む重陽子発生ターゲット装置に関するものである。

#### 背景技術

【0002】 PET (Positron Emission Tomography : ポジトロン断層イメージング装置) は、ポジトロンを放出する短寿命放射性同位体を含む薬剤を体内に投与し、その薬剤の体内動態を画像化する装置である。このPETに使用される短寿命放射性同位体は、高速の陽子や重陽子を別の原子に衝突させることにより生成される。このような短寿命放射性同位体を生成する核反応としては、例えば図1の表に示されるような反応が知られている。

【0003】 図1に示されたように、短寿命放射性同位体を生成する核反応では、陽子を用いた場合よりも重陽子を用いた場合の方が反応のしきい値が低く、効率よく短寿命放射性同位体が生成され得る。

【0004】 従来、PET装置に付設される、高速の重陽子を得るための重陽子発生装置としては、サイクロトロンが用いられてきた。また、K.Nemoto et al., 「Laser-triggered ion acceleration and table top isotope production」, APPLIED PHYSICS LETTERS(US), American Institute of Physics 29 JANUARY 2001, VOL. 78, No. 5, pp. 595 - 597 には、強化ポリエステル膜上に重水素化ポリスチレンが塗布された膜に高強度レーザー光を照射し、高エネルギーの重陽子を生成する手法が開示されている。

#### 発明の開示

【0005】 発明者らは、上述のような従来技術について検討した結果、以下のような課題を発見した。すなわち、サイクロトロンは、装置サイズが大きいと

いう課題があった。

【0006】 一方、高強度レーザー光を利用する従来の手法によれば、重陽子を生成する装置を小型にすることができる。しかしながら、強化ポリエステル膜上に重水素化ポリスチレンが塗布された膜を用いた場合、重陽子が効率良く放出  
5 されないという課題があった。すなわち、発明者らは、従来の重陽子発生ターゲットでは下地の強化ポリエステルに水素が含まれており、高強度レーザー光が照射された場合、重水素の原子核（重陽子）よりも軽い水素の原子核（陽子）が先に放出されるため、重陽子が効率良く放出され難くなっていることを発見した。

【0007】 この発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、重陽子を効率よく発生するための構造を備えた重陽子発生ターゲットと、  
10 該重陽子発生ターゲットを含む重陽子発生ターゲット装置を提供することを目的としている。

【0008】 上述の目的を達成すべく、この発明に係る重陽子発生ターゲットは、含ハロゲン有機化合物を主成分とするベース膜と、該ベース膜上に設けられ  
15 た重水素化された有機化合物を主成分とする上部膜とを備える。

【0009】 このような重陽子発生ターゲットによれば、含ハロゲン有機化合物を主成分とするベース膜では水素がハロゲンに置換されているため、高強度レーザー光が照射されたときに重水素の原子核（重陽子）より軽い水素の原子核（陽子）が先に放出されることがなく、重陽子を効率よく発生させることができる。

【0010】 なお、上記含ハロゲン有機化合物はフッ素置換炭化水素であるのが好ましい。ベース膜における水素がフッ素に置換されていることにより、高強度レーザー光が照射されたときに重水素の原子核（重陽子）より軽い水素の原子核（陽子）が先に放出されることがなく、重陽子を効率よく発生することができるからである。

【0011】 この発明に係る重陽子発生ターゲットは、含ハロゲン有機化合物を主成分とする多孔質膜を備えてもよい。この場合、重水素化された有機化合物

は、この多孔質膜の少なくとも一部に含浸される。

【0012】 このような重陽子発生ターゲットによれば、含ハロゲン有機化合物を主成分とする多孔質膜の内部に多量の重水素化された有機化合物が含浸され得る。そのため、高強度レーザー光が照射されたときに重陽子より軽い陽子が先に放出されることがなく、重陽子を効率よく発生できる。

【0013】 なお、この場合も上記含ハロゲン有機化合物はフッ素置換炭化水素であるのが好ましい。多孔質膜における水素がフッ素に置換されていることにより、高強度レーザー光が照射されたときに重水素の原子核（重陽子）より軽い水素の原子核（陽子）が先に放出されることがなく、重陽子を効率よく発生することができるからである。

【0014】 さらに発明者らは、上述のような構造を有する重陽子発生ターゲットを構成要素として含む重陽子発生ターゲット装置の改良について鋭意検討を重ねた結果、強化ポリエステル膜上に重水素化ポリスチレンが塗布されたターゲットに対して高強度レーザー光が照射された場合、該強化ポリエステル膜に穴が開き再利用することが出来ないという課題を発見した。

【0015】 そこで、この発明に係る重陽子発生ターゲット装置は、上述のような構造を有する重陽子発生ターゲット（この発明に係る重陽子発生ターゲット）と、ホルダーと、レーザー光源と、そして駆動機構を備える。上記ホルダーは、重陽子発生ターゲットを所定の平面上に保持する。上記レーザー光源は、重陽子発生ターゲットの所定領域にレーザー光を照射する。そして、上記駆動機構は、レーザー光源に対して重陽子発生ターゲット上のレーザー光照射領域の相対位置を変えるよう、重水素ターゲットを前記所定の平面上で動かす。

【0016】 このような重陽子発生ターゲット装置によれば、ホルダーにより所定平面上に保持された重陽子発生ターゲットのレーザー光源に対する相対位置が駆動機構により変えられるので、重陽子発生ターゲット上におけるレーザー照射領域の位置が種々の態様（同心円状あるいは螺旋状等の態様）で移動する。よ

って、同一の重陽子発生ターゲットを連続して複数回にわたり使用することができる。

【0017】 なお、この発明に係る各実施例は、以下の詳細な説明及び添付図面によりさらに十分に理解可能となる。これら実施例は単に例示のために示されるものであって、この発明を限定するものと考えるべきではない。

【0018】 また、この発明のさらなる応用範囲は、以下の詳細な説明から明らかになる。しかしながら、詳細な説明及び特定の事例はこの発明の好適な実施例を示すものではあるが、例示のためにのみ示されているものであって、この発明の思想及び範囲における様々な変形および改良はこの詳細な説明から当業者には自明であることは明らかである。

#### 図面の簡単な説明

【0019】 図1は、短寿命放射性同位体を生成する種々の核反応を示す表である。

【0020】 図2は、この発明に係る重陽子発生ターゲットにおける第1実施例の構成を示す図である。

【0021】 図3は、この発明に係る重陽子発生ターゲットにおける第2実施例の構成を示す図である。

【0022】 図4は、この発明に係る重陽子発生ターゲットにおける第3実施例の構成を示す図である。

【0023】 図5は、この発明に係る重陽子発生ターゲットにおける第4実施例の構成を示す図である。

【0024】 図6は、第3実施例に係る重陽子発生ターゲットの製造装置の主要部を示す図である。

【0025】 図7は、この発明に係る重陽子発生ターゲット装置の第1実施例として、回転式重陽子発生ターゲット装置の構成を示す図である。

【0026】 図8は、この発明に係る重陽子発生ターゲット装置の第2実施例

として、巻き取り式重陽子発生ターゲット装置の構成を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

【0027】 以下、この発明に係る重陽子発生ターゲット及びそれを含む重陽子発生ターゲット装置の各実施例を、図2～図8を用いて詳細に説明する。なお、  
5 図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

(重陽子発生ターゲットの第1実施例)

【0028】 図2は、この発明に係る重陽子発生ターゲットにおける第1実施例の構成を示す図である。この第1実施例に係る重陽子発生ターゲット1は、含  
10 ハロゲン有機化合物を主成分とするベース膜10と、該ベース膜10上に設けられた、重水素化された有機化合物の上部膜20とを備える。なお、第1実施例に係る重陽子発生ターゲット1は、薄い略円盤形状（または円形フィルム形状）を有し、基材（ベース膜10）を構成する含ハロゲン有機化合物はフッ素置換炭化水素である。

【0029】 上記ベース膜10の主成分をなす含ハロゲン有機化合物とは、フ  
15 ッ素、臭素及び塩素等のハロゲン元素を含む有機化合物をいう。また、上記フッ素置換炭化水素とは、水素原子の一部又は全部がフッ素原子で置換された炭化水素をいう。ここで、含ハロゲン有機化合物（フッ素置換炭化水素）としては、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）（商品名ポリフロンTFE、テフロンTFE）、ポリクロロトリフルオロエチレン（PCTFE）（商品名ダイフロンCTFE、K e 1 - F）、テトラフルオロエチレン・エキサフルオロプロピレン共重合体  
20 （FEP）（商品名ネオフロンFEP、テフロンFEP）、ポリビニリデンフルオリド（PVDF）（商品名KFポリマー、K y n a r）及びテトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキビニルエーテル共重合体（PFA）（商品名テフロンPFA、ネオフロンPFA）等が挙げられる。

25 【0030】 また、ベース膜10上に設けられる上部膜20には、重水素化された有機化合物として、例えば、重水素化されたポリスチレン等が利用される。

【0031】 このように、第1実施例に係る重陽子発生ターゲット1は、例えば、ポリテトラフルオロエチレン（商品名ポリフロンTFE、テフロンTFE）のベース膜10を下地に用い、そのベース膜10上に重水素化したポリスチレン等が上部膜20として塗布された構造を有する。なお、重水素化ポリスチレンの薄膜のみで重陽子発生ターゲットを作成した場合、ポリスチレンの重合が不十分であると機械的強度の高い薄膜を得ることができないため、機械的強度の高い重陽子発生ターゲットを得ることが困難である。しかしながら、ポリテトラフルオロエチレンのベース膜10を下地に利用し、そのベース膜10上に上部膜20として重水素化したポリスチレン等が塗布されることにより、機械的強度の高い重陽子発生ターゲット1が得られる。

【0032】 また、このように機械的強度の高い下地の上にターゲットが作成されているので、切断等によって容易に重陽子発生ターゲット1の形状を変えることができる。

【0033】 この第1実施例に係る重陽子発生ターゲット1において、ポリテトラフルオロエチレンのベース膜10は、約6  $\mu\text{m}$ の膜厚を有し、塗布されるポリスチレンの上部膜は、約1  $\mu\text{m}$ の膜厚を有する。ここで、ポリテトラフルオロエチレンは、 $\text{CF}_2=\text{CF}_2$ の重合体であり、強化ポリエステルで問題となった水素原子を含まない。よって、高強度レーザー光が照射されたときに、重水素の原子核（重陽子）より軽い水素の原子核（陽子）が先に放出されることがなく、重陽子を効率良く発生させることができる。

【0034】 次に、図2に示された第1実施例に係る重陽子発生ターゲット1の製造方法について説明する。なお、この製造方法は、ベース膜10としてポリテトラフルオロエチレン、該ベース膜10上に設けられる上部膜20として重水素化ポリスチレンが利用される場合の製造方法である。

【0035】 重水素化されたスチレンは、例えば、シグマアルドリッチジャパン株式会社から購入可能である。この重水素化されたスチレンがラジカル重合等

によって重合されることにより、重水素化ポリスチレンが得られる。

【0036】 次に、例えばポリテトラフルオロエチレン（四フッ化エチレン樹脂、デュポン社の商品名テフロン）のベース膜10上に、上記重水素化ポリスチレン（上部膜20）がスピンコート等によって塗布される。これにより、ポリテ  
5    トラフルオロエチレンのベース膜10と重水素化ポリスチレンの上部膜20との積層構造を有し、機械的強度の高い重陽子発生ターゲット1が得られる。

（重陽子発生ターゲットの第2実施例）

【0037】 次に、第2実施例に係る重陽子発生ターゲット2の構成を、図3を用いて説明する。

10    【0038】 この第2実施例に係る重陽子発生ターゲット2は、含ハロゲン有機化合物を主成分とする多孔質膜30を基材としており、この多孔質膜30全体に重水素化された有機化合物が含浸されている。これにより、多孔質膜30の上面全体がターゲット領域40なる。この第2実施例においても基材は薄い略円盤形状（または円形のフィルム形状）を有し、上記含ハロゲン有機化合物はフッ素  
15    置換炭化水素である。

【0039】 上記含ハロゲン有機化合物を主成分とする多孔質膜30としては、例えば、ポリテトラフルオロエチレンを多孔質の薄いフィルタ（膜厚約70 $\mu$ m）状に加工することにより得られる。また、この多孔質膜30に含浸される重水素化された有機化合物としては、例えば、重水素化ポリスチレン等が利用可能である。このような多孔質の膜状フィルタとしては、PTFEメンブランフィルタとして市販されているフィルタ（例えば、ADVANTEC製PTFEタイプメン  
20    ブランフィルター等）が利用されてもよい。このような多孔質フィルタは、多孔度が70%以上であるので多量のターゲット材料を染み込ませることができる。

【0040】 次に、図3に示された第2実施例に係る重陽子発生ターゲット2  
25    の製造方法について説明する。なお、この製造方法は、多孔質膜30としてポリテトラフルオロエチレン、含浸剤として重水素化ポリスチレンが利用された場合



の製造方法である。

【0041】 まず、上述の第1実施例（図2）と同様に得られた重水素化したポリスチレンが溶媒に溶かされる。具体的には、重水素化ポリスチレン50mgに対してトルエン1mlが加えられ、この状態で良く振られることにより重水素ポリスチレンが完全に溶かされる。

【0042】 次に、重水素ポリスチレン溶液はシャーレに均一になるように広げられる。そして、ポリテトラフルオロエチレンの多孔質薄膜状フィルタ（ADVANTEC製PTFEタイプメンブランフィルター）がシャーレ内に入れられることにより、該多孔質薄膜状フィルタに重水素化ポリスチレン溶液が染み込む。この時、シャーレが良く振られることより、該溶液を該多孔質薄膜状態フィルタ内に均一に染み込ませることができる。

【0043】 続いて、シャーレ内から取り出されたフィルタは、溶媒のトルエンを気化させるため、ポリテトラフルオロエチレン（商品名テフロン）シート上に広げられる。このようにシートにポリテトラフルオロエチレン（商品名テフロン）が利用されると、フィルタが該シートに貼り付かないので容易に剥がされる。そして、薬包紙やポリテトラフルオロエチレン（商品名テフロン）処理された紙に挟まれた状態で、該フィルタがプレス機で圧縮されることにより、該フィルタはしわが伸ばされ平らになる。

【0044】 以上により、ポリテトラフルオロエチレンの多孔質膜30（ベース膜）と、この多孔質膜30に含浸された重水素化ポリスチレンとにより構成された、第2実施例に係る重陽子発生ターゲット2が得られる。

（重陽子発生ターゲットの第3及び第4実施例）

【0045】 次に、第3及び第4実施例に係る重陽子発生ターゲット3、4の構成を図4及び図5を用いてそれぞれ説明する。

【0046】 第3及び第4実施例のいずれも、重陽子発生ターゲット3、4は、

フッ素置換炭化水素のような含ハロゲン有機化合物を主成分とする帯状の多孔質膜 50 を基材として有する。この帯状の多孔質膜 50 の中央部には長手方向に沿って重水素化された有機化合物が含浸されているが、第 3 実施例と第 4 実施例とはその含浸エリアが異なる。すなわち、図 4 に示された第 3 実施例に係る重陽子発生ターゲット 3 では、重水素化された有機化合物が多孔質膜 50 に対してストライプ状に含浸させられており、これによりターゲット領域 60 がストライプ状に形成されている。一方、図 5 に示された第 4 実施例に係る重水素発生ターゲット 4 では、重水素化された有機化合物が多孔質膜 50 に対して一定間隔を空けた連続スポット状に含浸させられており、これによりターゲット領域 70 が連続スポット状に形成されている。

【0047】 含ハロゲン有機化合物を主成分とする多孔質膜 50 としては、例えば、ポリテトラフルオロエチレンが多孔質の薄膜状フィルタ（膜厚約 70  $\mu\text{m}$ ）に加工されることにより得られる。また、この多孔質の薄膜状フィルタに含浸される重水素化された有機化合物としては、例えば、重水素化したポリスチレン等が利用可能である。このような多孔質の薄膜状フィルタは、PTFE メンブランフィルタとして市販されているフィルタ（例えば、ADVANTEC 製 PTFE タイプメンブランフィルター等）が利用されてもよい。このような多孔質フィルタは、多孔度が 70 % 以上であるので多量のターゲット材料を染み込ませることができる。

【0048】 次に、図 6 を参照して、重陽子発生ターゲット 3 の製造方法を説明する。図 6 は、第 3 実施例に係る重陽子発生ターゲット 3 の製造に用いられる装置の構成を示す図である。

【0049】 この図 6 に示された装置では、帯状の多孔質薄膜フィルタ 50 の一端が繰り出し側の回転軸 120 に巻き付けられる一方、多孔質薄膜フィルタ 50 の他端が引き込み側の回転軸 110 に固定される。この状態で、駆動機構により回転軸 110 が矢印 A1 方向に回転すると、回転軸 120 は矢印 A2 方向に従

動して回転し、多孔質薄膜フィルタ 50 は回転軸 120 から回転軸 110 方向に順次巻き取られていく。このとき、両回転軸 110、120 の中間部上方に設置されたピペット 100 から含浸剤が滴下されれば、多孔質薄膜フィルタ 50 の移動速度と含浸剤の滴下量及び滴下タイミングに応じた態様のターゲット領域が形成される。なお、破線 L1 は、重水素化ポリスチレンが滴下される経路を表す。

【0050】 なお、帯状の多孔質薄膜フィルタ 50 としてはポリテトラフルオロエチレン（商品名テフロン）、滴下させる含浸剤としてはトルエン等の溶媒に溶かされた重水素化ポリスチレンが利用可能である。図 6 には、含浸剤を連続して滴下することにより、図 4 に示されたストライプ状のターゲット領域 60 を有する重陽子発生ターゲット 3（第 3 実施例）を製造するプロセスが示されている。この滴下のタイミングが間歇的に設定されれば、連続するスポット状にターゲット領域 70 を有する図 5 に示された第 4 実施例に係る重陽子発生ターゲット 4 が得られる。

【0051】 このように、第 3 及び第 4 実施例に係る重陽子発生ターゲット 3、4 によれば、レーザー光が照射される領域（レーザー照射領域）のみに重水素化ポリスチレンが塗布されることにより、無駄な重水素化ポリスチレンの消費を抑えることができるため、ターゲット材料を効率良く使用することが可能になる。

【0052】 以上のように、第 1～第 4 実施例に係る重陽子発生ターゲット 1～4 によれば、ポリテトラフルオロエチレン等の含ハロゲン有機化合物を主成分とする基材（ベース膜 10 や多孔質膜 50）は、素材を構成する水素がハロゲンに置換されているので、高強度レーザー光が照射されたときに重水素の原子核（重陽子）より軽い水素の原子核（陽子）が先に放出されることがなく、重陽子を効率良く発生させることができる。

（重陽子発生ターゲット装置の第 1 実施例）

【0053】 図 7 は、この発明に係る重陽子発生ターゲットの第 1 実施例として、回転式重陽子発生ターゲット装置の構成を示す図である。この第 1 実施例に

係る重陽子発生ターゲット装置 5 には、上述の第 1 又は第 2 実施例に係る円盤状の重陽子発生ターゲット 1、2 が適用可能である。回転式重陽子発生ターゲット装置 5 は、例えば図 2 に示された重陽子発生ターゲット 1 と、これを所定の平面（この第 1 実施例では回転軸と直交する平面）で保持する支持部材 210（ホルダー）及び重陽子発生ターゲット押え 220 と、この支持部材 210 を回転させる駆動機構 271（モーター）と、該駆動機構 271 に連結された回転ロッド 230 を備える。さらに、支持部材 210 を直線方向に移動させる移動手段として、駆動機構 272（モーター）、運動変換器 240 及びシャフト 250 を備える。

【0054】 この第 1 実施例に係る回転式重陽子発生ターゲット装置 5 を具体的に説明すると、厚い円筒状の支持部材 210 にはリング状の重陽子発生ターゲット押え 220 が同軸で付設されており、支持部材 210 と重陽子発生ターゲット押え 220 との間に薄い円形フィルム状の重陽子発生ターゲット 1 が同軸に保持される。重陽子発生ターゲット 1 に対しては、垂直方向（図面の右方向）から高強度レーザー光 300 がレーザー光源 350 から照射される。

【0055】 駆動機構 271 により矢印 A3 方向に回転させられる回転ロッド 230 は、二股の軸受け機構 260 により回転自在に支持されており、回転ロッド 230 の先端には支持部材 210 が固定されている。よって、支持部材 210 と重陽子発生ターゲット押え 220 とに挟まれた重陽子発生ターゲット 1 は、駆動機構 271 により矢印 A3 の方向に回転される。

【0056】 二股の軸受け機構 260 の基部は、矢印 A4 方向に往復直線移動が可能なステージ 270 に固定されている。ステージ 270 を駆動する運動変換器 240 にはシャフト 250 が取り付けられており、このシャフト 250 を駆動機構 272 が矢印 A5 方向へ回転させることにより、支持部材 210 及び重陽子発生ターゲット押え 220 がその中心軸に対して垂直な方向 A4 に移動させられる。

【0057】 次に、回転式重陽子発生ターゲット装置 5 の動作について説明す

る。

【0058】 重陽子発生ターゲット1に照射される高強度レーザー光300は、例えば、パルスエネルギー120 J、パルス幅0.9~1.2 ps、波長1.053  $\mu\text{m}$ であり、軸はずし放物面鏡（例えば、直径1800 mm、焦点距離450 mm）により真空中（約 $10^{-5}$  Torr）でスポット径6  $\mu\text{m}$ 、光密度 $10^{20}$  W/cm<sup>2</sup>に集光される。重陽子発生ターゲット1に高強度レーザー光300が照射されると、その進行方向前方と後方へ高速重陽子が放出される。この高速重陽子が放出される方向に核反応物質（例えば、<sup>10</sup>B）が配置されることにより、核反応（<sup>10</sup>B（d, n）<sup>11</sup>C）によって放射性同位体（<sup>11</sup>C）が生成される。ここで、<sup>10</sup>Bに変えて<sup>14</sup>Nが配置されている場合には、<sup>14</sup>N（d, n）<sup>15</sup>O反応によってポジトロン放出核<sup>15</sup>Oが生成される。

【0059】 このように重陽子発生ターゲット1に高強度レーザー光300が照射された場合、重陽子発生ターゲット1における高強度レーザー光300の照射領域には穴H1が開き、同じ照射領域は再利用することができない。よって、次に、駆動機構271が重陽子発生ターゲット1を所定の角度（30度/秒）だけ矢印A3方向に回転し、また、必要に応じて運動変換器240がステージ270を矢印A4方向に所定の距離（0.1 mm/秒）だけ移動させる。これにより重陽子発生ターゲット1における高強度レーザー光300の照射領域が同心円状あるいは螺旋状に移動する。このように重陽子発生ターゲット1における高強度レーザー光300の照射領域が同心円状又は螺旋状に移動することにより、同一の重陽子発生ターゲット1を連続して複数回にわたり使用することができる。

（重陽子発生ターゲット装置の第2実施例）

【0060】 図8は、この発明に係る重陽子発生ターゲット装置の第2実施例として、巻き取り式重陽子発生ターゲット装置の構成を示す図である。この第2実施例に係る重陽子発生ターゲット装置6には、上述の第3又は第4実施例に係る帯状の重陽子発生ターゲット3、4が適用可能である。巻き取り式重陽子発生

ターゲット装置 6 は、例えば図 4 に示す重陽子発生ターゲット 3 と、これを所定の平面上（この第 2 実施例ではガイド部 4 3 0 の長手方向に平行な平面）に保持するガイド部 4 3 0（ホルダー）を備える。また、この重陽子発生ターゲット 3 を移動させる手段として、重陽子発生ターゲット 3 を巻き取る巻き取り機構 4 1 0 と、この巻き取り機構 4 1 0 に連結されこれを回転させる駆動機構 4 0 0（モーター）と、重陽子発生ターゲット 3 を送り出す送り出し機構 4 2 0 とを備える。

【0061】 この第 2 実施例に係る巻き取り式重陽子発生ターゲット装置 6 を具体的に説明すると、四角い枠組みを有するフレーム 4 4 0 の上面内側及び下面内側それぞれの略中央部に互いに対向するように V 字型の溝部を有するガイド部 4 3 0 が取り付けられており、この双方の V 字型の溝部により重陽子発生ターゲット 3 が移動可能に保持される。重陽子発生ターゲット 3 に対しては、垂直方向から高強度レーザー光 3 0 0 がレーザー光源 3 5 0 によって照射される。

【0062】 巻き取り機構 4 1 0 は、円筒状のシャフトを有し、このシャフトはその一端がフレーム 4 4 0 に回転自在に取り付けられており、他端が駆動機構 4 0 0 の回転軸に同軸に連結されている。また、このシャフトには帯状の重陽子発生ターゲット 3 の一端が固定されており、駆動機構 4 0 0 が駆動することにより巻き取り機構 4 1 0 が矢印 A 6 方向に回転し、重陽子発生ターゲット 3 が巻き取られる。これによって、重陽子発生ターゲット 3 におけるレーザー光 3 0 0 の照射領域は、矢印 A 8 方向に移動させられる。

【0063】 送り出し機構 4 2 0 は、円筒状のシャフトを有し、このシャフトはその両端がフレーム 4 4 0 に回転自在に取り付けられている。また、このシャフトには帯状の重陽子発生ターゲット 3 の他端が固定されており、駆動機構 4 0 0 の駆動によって巻き取り機構 4 1 0 が回転することにより重陽子発生ターゲット 3 が巻き取られることに従い、シャフトが矢印 A 7 方向に回転させられる。これによって、重陽子発生ターゲット 3 が矢印 A 8 方向に送り出される。

【0064】 図 8 に示された巻き取り式重陽子発生ターゲット装置 6（第 1 実

施例)が適用された場合でも、図7の回転式重陽子発生ターゲット装置5(第2実施例)が適用された場合と同様の作用、効果を奏することができる。

【0065】 すなわち、図8に示された巻き取り式重陽子発生ターゲット装置6において、重陽子発生ターゲット3に高強度レーザー光300が照射されたとき、その照射領域には穴が開き、同じ照射領域は再利用することができない。そこで、駆動機構400が駆動し、巻き取り機構410を矢印A6の方向に回転させることにより、重陽子発生ターゲット3を所定の長さ(10mm/秒)だけ矢印A8方向に移動させる。これにより新しい照射領域がセットされる。このように重陽子発生ターゲット3が巻き取られることにより同一の重陽子発生ターゲット3が連続使用可能になる。

【0066】 さらに、図8に示された巻き取り式重陽子発生ターゲット装置6に、ターゲット領域70が連続するスポット状となっている重陽子発生ターゲット4(第4実施例)が適用された場合も、同様の作用と効果を奏する。

【0067】 レーザー光源350からの高強度レーザー光300を、例えば、繰返し周波数10Hzで繰返し動作をさせ、この繰返し動作の一周期の間に、連続したターゲット領域70の中心間の長さだけ重陽子発生ターゲット4を巻き取る。このように、重陽子発生ターゲット4の巻き取り速度と高強度レーザー光300の繰返し周波数との同期をとることによって、重水素化ポリスチレンが含浸されたスポット状のターゲット領域70のみに高強度レーザー光300が照射され得る。この場合、高強度レーザー光300の照射が行われない領域にはターゲット材料が塗布される必要がないので、ターゲット材料を効率よく使用することができる格別の効果がある。

【0068】 以上の本発明の説明から、本発明を様々に変形しうることは明らかである。そのような変形は、本発明の思想および範囲から逸脱するものとは認められず、すべての当業者にとって自明である改良は、以下の請求の範囲に含まれるものである。

### 産業上の利用可能性

【0069】 以上のようにこの発明によれば、重陽子を効率よく発生することができる重陽子発生ターゲットと、これを用いた重陽子発生ターゲット装置を提供することができる。



## 請求の範囲

1. 含ハロゲン有機化合物を主成分とするベース膜と、  
前記ベース膜上に設けられた重水素化された有機化合物を主成分とする上部膜  
とを備えた重陽子発生ターゲット。
- 5 2. 含ハロゲン有機化合物を主成分とする多孔質ベース膜を備え、  
前記多孔質ベース膜の少なくとも一部は、重水素化された有機化合物が含浸さ  
れている重陽子発生ターゲット。
3. 請求項1又は2記載の重陽子発生ターゲットにおいて、  
前記含ハロゲン有機化合物は、フッ素置換炭化水素である。
- 10 4. 請求項1～3のいずれか一項記載の重陽子発生ターゲットと、  
前記重陽子発生ターゲットを所定の平面上に保持するホルダーと、  
前記重陽子発生ターゲットの所定領域にレーザー光を照射するレーザー光源と、  
前記レーザー光源に対して前記重陽子発生ターゲット上のレーザー光照射領域  
の相対位置を変えるよう、前記重水素ターゲットを前記所定の平面上で動かす駆  
15 動機構とを備えた重陽子発生ターゲット装置。

図1

	高速粒子	反応	寿命	しきい値	天然存在度
①	陽子p	$^{11}\text{B}(\text{p},\text{n})^{11}\text{C}$	20.4min	3.0MeV	80.1%
②	陽子p	$^{16}\text{O}(\text{p},\alpha)^{13}\text{N}$	9.96min	5.5MeV	99.8%
③	陽子p	$^{15}\text{N}(\text{p},\text{n})^{15}\text{O}$	2.04min	3.7MeV	0.368%
④	陽子p	$^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$	109.7min	2.6MeV	0.205%
⑤	陽子p	$^{63}\text{Cu}(\text{p},\text{n})^{63}\text{Zn}$	38.4min	4MeV	69.17%
⑥	重陽子d	$^{12}\text{C}(\text{d},\text{n})^{13}\text{N}$	9.96min	0.3MeV	98.93%
⑦	重陽子d	$^{14}\text{N}(\text{d},\text{n})^{15}\text{O}$	2.04min	0MeV	99.63%
⑧	重陽子d	$^{20}\text{Ne}(\text{d},\alpha)^{18}\text{F}$	109.7min	0MeV	90.48%
⑨	重陽子d	$^{10}\text{B}(\text{d},\text{n})^{11}\text{C}$	20.4min	?	19.9%

図2

1  
↓

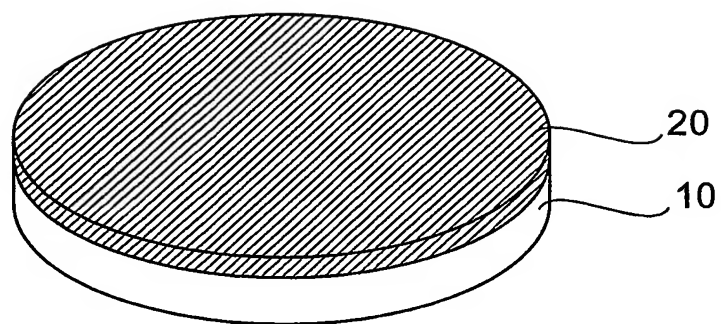


図3

2  
↓

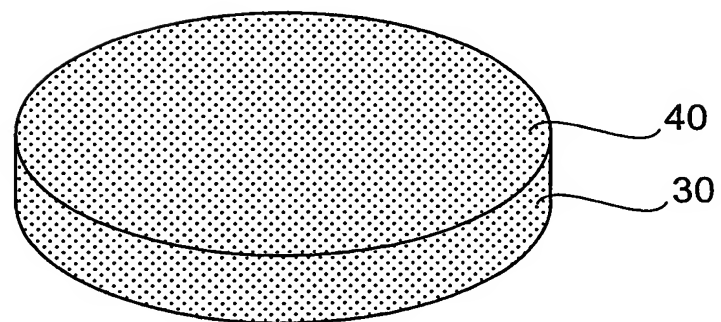


図4

$\frac{3}{\downarrow}$

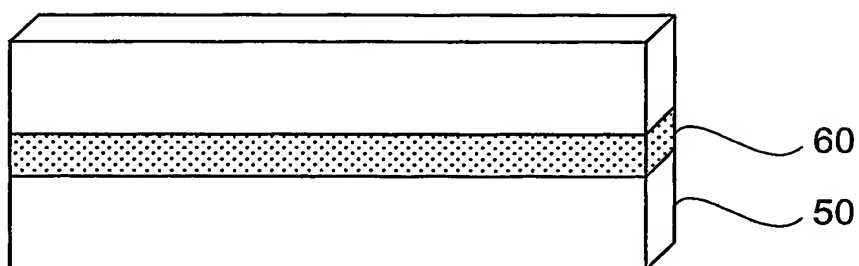


図5

$\frac{4}{\downarrow}$

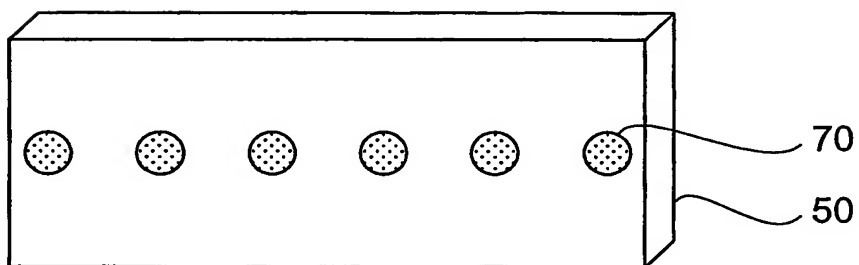
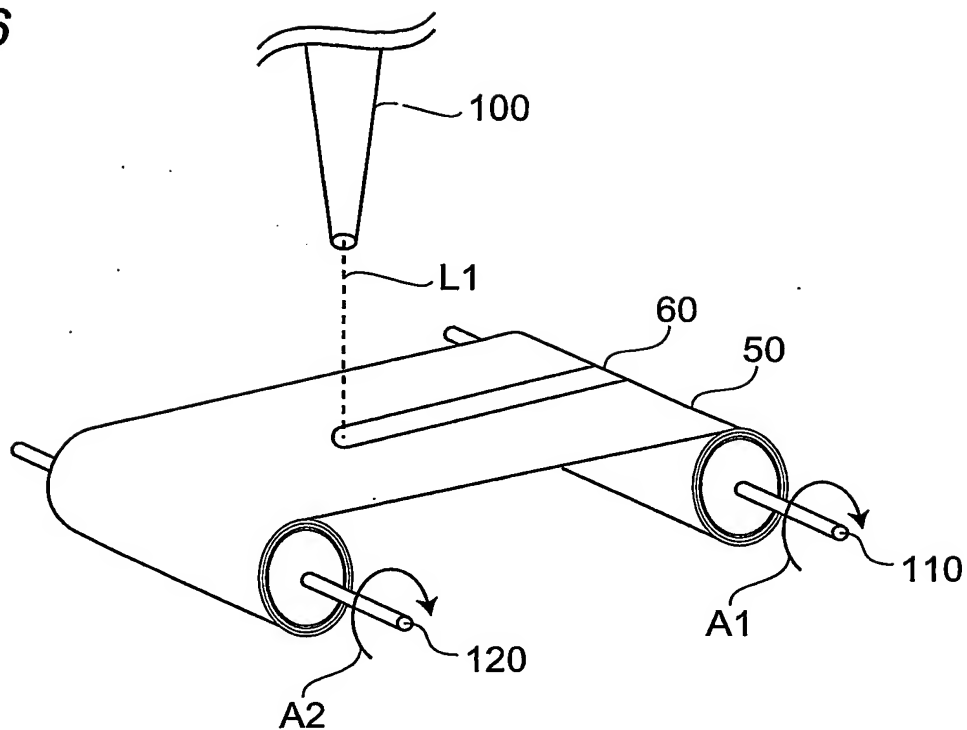


图6



**图7**

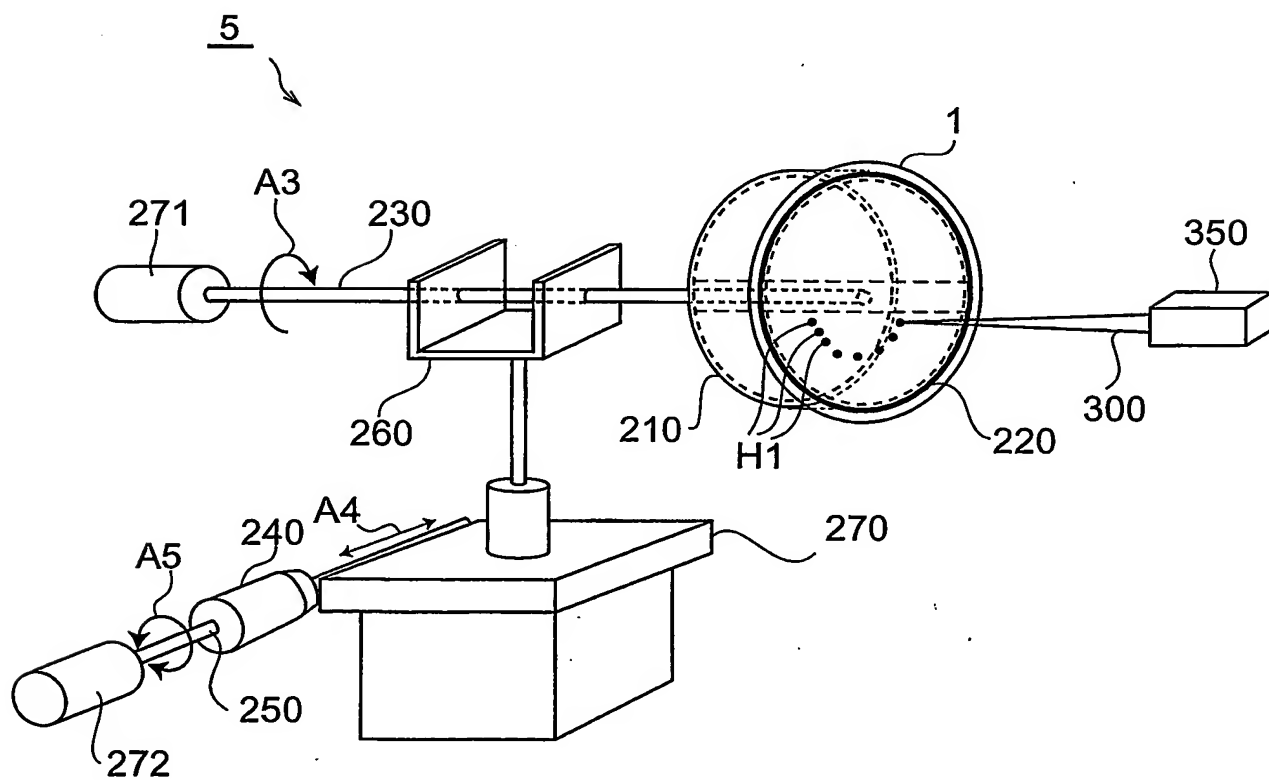
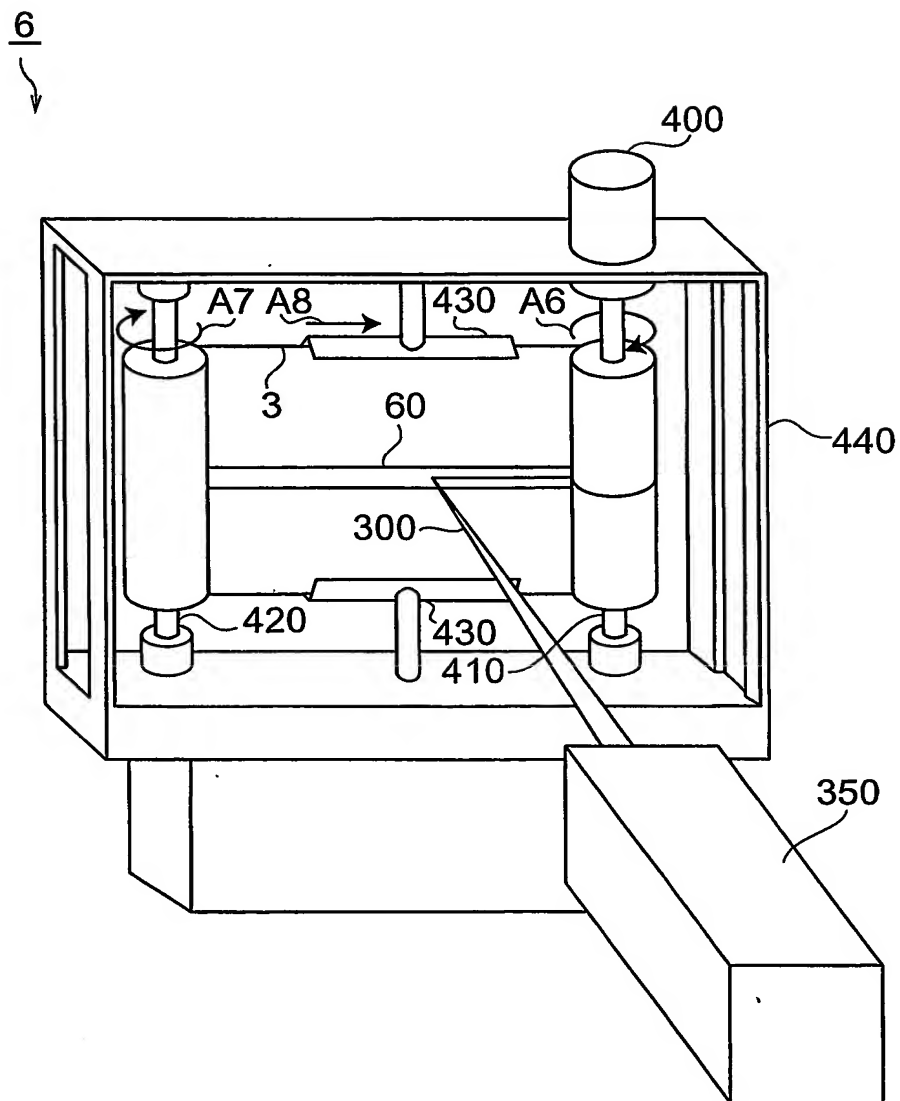


図8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16113

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> G21K5/08, H05H6/00, G21G4/08, G21G1/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G21K5/08, H05H6/00, G21G4/08, G21G1/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3963934 A (Atomic Energy of Canada Ltd.), 15 June, 1976 (15.06.76), Full text; all drawings & JP 49-49489 A & NL 7306027 A & DE 2324771 A & FR 2184606 A & CA 957086 A & IT 986329 A & GB 1390885 A	1-4
A	JP 2-77700 U (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 14 June, 1990 (14.06.90), the column of operation (Family: none)	1-4

☐

Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
19 January, 2004 (19.01.04)

Date of mailing of the international search report  
03 February, 2004 (03.02.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G21K5/08, H05H6/00, G21G4/08, G21G1/10

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G21K5/08, H05H6/00, G21G4/08, G21G1/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 3963934 A (Atomic Energy of Canada Limited) 1976.06.15 全文、全図 & JP 49-49489 A & NL 7306027 A & DE 2324771 A & FR 2184606 A & CA 957086 A & IT 986329 A & GB 1390885 A	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.01.04

国際調査報告の発送日

03.2.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大熊 靖夫

2M 9710

電話番号 03-3581-1101 内線 6499



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2-77700 U (住友重機械工業株式会社) 1990.06.14 作用欄 (ファミリーなし)	1-4